



⑫

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑬ Numéro de dépôt: 89402186.4

⑪ Int. Cl.5: B 06 B 1/06  
H 01 L 41/22

⑭ Date de dépôt: 01.08.89

⑮ Priorité: 05.08.88 FR 8810610

⑯ Demandeur: THOMSON-CSF  
51, Esplanade du Général de Gaulle  
F-92800 Puteaux (FR)

⑯ Date de publication de la demande:  
07.02.90 Bulletin 90/06

⑰ Inventeur: Defranouid, Philippe  
Thomson-CSF SCPI- Cédex 67  
F-92045 - Paris La Défense (FR)

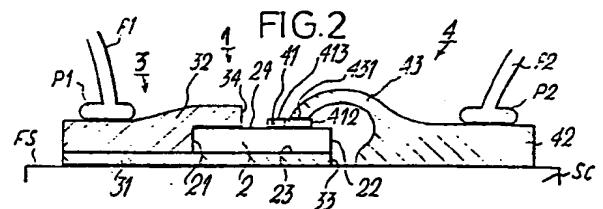
⑯ Etats contractants désignés: DE GB IT NL

⑰ Poncot, Claude  
Thomson-CSF SCPI- Cédex 67  
F-92045 - Paris La Défense (FR)

⑰ Mandataire: Desperrier, Jean-Louis et al  
THOMSON-CSF SCPI  
F-92045 PARIS LA DEFENSE CEDEX 67 (FR)

⑲ Transducteur piézoélectrique pour générer des ondes de volume.

⑳ Le transducteur est principalement destiné à générer des ondes acoustiques hyperfréquence dans un support cristallin (SC) d'une ligne à retard à ondes de volume ou d'une cellule de Bragg. Le transducteur comprend une région de contact plane (31) d'une électrode de masse (3) recouvrant partiellement une face (FS) du substrat, une lame piézoélectrique (2) sur la région de contact (31), et une seconde électrode (41) définissant la région piézoélectriquement active du transducteur. Afin de ne pas souder directement sur l'électrode (41) et ainsi en particulier diminuer l'admittance du transducteur par rapport aux transducteurs connus, la seconde électrode (41) est connectée à une grande région de connexion (42), disposée sur la face de support (FS), par un pont de liaison (43). La région de connexion (42) supporte la connexion par soudure (P2). L'admittance est ainsi indépendante de la grosseur de la soudure (P2).



## Description

## Transducteur piézoélectrique pour générer des ondes de volume

La présente invention concerne un transducteur piézoélectrique et plus particulièrement un transducteur utilisé pour générer des ondes de volume en hyperfréquences, de l'ordre du gigahertz, dans un substrat cristallin constituant ledit support. La génération des ondes de volume permet de réaliser une ligne à retard à ondes de volume, ou bien un transducteur acousto-optique, dit cellule de Bragg, pour diffacter et moduler un faisceau laser incident.

Dans la Fig. 1 annexée est représentée schématiquement une ligne à ondes de volume comprenant un substrat SC, tel qu'un barreau de corindon, et un transducteur piézoélectrique supporté par une face plane FS du substrat. Une première électrode E1 du transducteur est constituée par un plan de contact de masse qui est métallisé sur toute la face de substrat FS. Une lame mince piézoélectrique LP à fort coefficient de couplage est centrée sur l'électrode plane métallisée E1. Au centre de cette lame est déposée une seconde électrode E2. Les électrodes E1 et E2 sont reliées à un générateur de signal hyperfréquence GH, tel qu'un circuit d'amplification d'antenne de réception, par exemple par l'intermédiaire d'une ligne hyperfréquence à micro-ruban d'adaptation d'impédance sur substrat en céramique, pour produire des ondes acoustiques hyperfréquence OA se propageant longitudinalement dans le substrat SC et perpendiculairement à la face FS de celui-ci.

Pour des raisons de facilité technologique et de fiabilité, la lame LP est nettement plus grande que la seconde électrode E2 qui doit être petite pour diminuer la capacité électrique du transducteur piézoélectrique et ainsi augmenter le rendement de celui-ci. Toutefois, l'admittance du transducteur ne peut être diminuée autant que désiré en raison du point ou "boule" de soudure recouvrant la seconde électrode E2 nécessaire pour relier celle-ci au générateur GH. En effet, la boule de soudure a un diamètre égal à au moins 50 µm et donc les dimensions de l'électrode E2 ne peuvent être inférieures à cette dimension.

En outre, la boule de soudure provoque par son poids des perturbations non reproductibles sur la génération des ondes acoustiques et offre une inductance de self en série relativement importante.

Lors de l'opération de soudure, l'électrode E2 ainsi que la lame LP risquent d'être endommagées.

La présente invention vise donc à remédier principalement aux inconvénients inhérents à la connexion directe par soudure de la seconde électrode en effectuant un report de connexion de cette électrode de façon à rendre indépendante sa dimension de la taille de la soudure. On obtient une région de contact effective de la seconde électrode plus petite permettant de diminuer l'admittance du transducteur piézoélectrique.

A cette fin, selon l'invention, un transducteur piézoélectrique comprenant une région de contact plane d'une première électrode disposée sur une face d'un support, une lame piézoélectrique dispo-

sée sur la région de contact, et une seconde électrode destinée à être reliée par soudure à un fil de connexion, est caractérisé en ce que la seconde électrode est reliée électriquement à une région de connexion par un pont de liaison enjambant un côté de la lame piézoélectrique, ladite région de connexion étant disposée sur la face de support et supportant la soudure au fil de connexion.

Grâce au pont de liaison, dit "pont à air", la connexion de la seconde électrode est reportée sur la région de connexion. Cette région de connexion présente une surface considérablement plus grande que celle de la seconde électrode pour être soudée à un fil de connexion sans le moindre risque de détérioration de la lame piézoélectrique et de la seconde électrode. Les dimensions de la seconde électrode sont alors indépendantes de la grosseur de la soudure, et peut ainsi atteindre des dimensions nettement inférieures à 50 µm, typiquement inférieures à 30 µm. Le transducteur piézoélectrique peut être relié directement à une source hyperfréquence ayant une admittance très faible.

Selon un autre aspect de l'invention, un transducteur piézoélectrique peut être fabriqué selon quatre étapes successives suivantes, après dépôt de la région de contact de la première électrode, de la lame piézoélectrique et de la seconde électrode sur la face du support :

A) Dépôt d'une couche de résine partiellement sur la lame piézoélectrique et la seconde électrode et sur la face de support de part et d'autre du côté de lame à enjamber par ledit pont,

B) Dépôt d'une couche métallique pour recouvrir au moins la couche de résine et une portion de la face de support non recouverte par la région de contact,

C) Usinage de la couche métallique pour définir au moins le pont de liaison et la région de connexion reliée à la seconde électrode, et

D) Elimination de la couche de résine.

Comme on le verra dans la suite, un tel procédé de fabrication convient bien à la fabrication d'un ensemble de transducteurs piézoélectrique juxtaposés sur la face du support et ayant en commun une unique première région de contact d'électrode en vue de fournir un ensemble de cellules de Bragg disposées parallèlement.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante de plusieurs réalisations préférées de l'invention en référence aux dessins annexés correspondants dans lesquels :

- la Fig. 1 est une vue en perspective schématique du transducteur piézoélectrique pour ligne à ondes à volume selon la technique antérieure décrite ci-dessus ;

- la Fig. 2 est une vue en coupe verticale et longitudinale prise le long de la ligne II-II de la Fig. 3, d'un transducteur piézoélectrique selon l'invention ;

- la Fig. 3 est une vue de dessus du transducteur piézoélectrique selon l'invention ;  
 - les Figs. 4A, 4B, 4C et 4D sont des vues schématiques analogues à la Fig. 2 illustrant respectivement quatre étapes de fabrication du transducteur relatives principalement à la réalisation d'un pont de liaison ; et

- la Fig. 5 est une vue en perspective schématique d'un ensemble de transducteurs piézoélectrique selon l'invention, juxtaposés sur une face supérieure d'un substrat cristallin.

En référence aux Figs. 2 et 3, un transducteur piézoélectrique 1 selon l'invention est supporté par l'une FS des petites faces transversales terminales planes d'un substrat cristallin SC, tel qu'un barreau de corindon, pour constituer une ligne à ondes de volume. Le transducteur piézoélectrique 1 comprend une lame piézoélectrique rectangulaire 2 située sensiblement au-dessus du centre de la face FS du substrat. La lame est nettement plus petite que la face FS. Une première électrode 3, dite électrode de masse, du transducteur 1 est située en majeure partie latéralement à un premier grand côté 21 de la lame 2, à gauche dans les Figs. 1 et 2. Un second ensemble de connexion 4 du transducteur 1 est situé en majeure partie latéralement à un second grand côté 22 de la lame 2, à droite dans les Figs. 1 et 2.

La première électrode 3 est constituée par une région de contact plane rectangulaire 31 qui est disposée sur la face de substrat FS partiellement sous toute la lame 2, et par une région de connexion 32 entre la région de contact 31 et un premier fil de connexion f1. La région de contact 31 est une sous-couche métallique, par exemple en or, ayant une épaisseur de 0,05 µm environ. La sous-couche de région de contact 31 ne recouvre que la partie de gauche de la face de substrat FS jusqu'au grand côté 22 de la lame piézoélectrique 2. La région 31 est en contact avec toute la face inférieure 23 de la lame 2 et offre un bord longitudinal 33 coplanaire avec le côté de lame 22 et perpendiculaire à la face FS. La région de connexion 32 de la première électrode 3 est par exemple également en or, et recouvre la partie de gauche de la région de contact 31 latérale au grand côté de lame 21 ainsi qu'une partie de la face supérieure 24 de la lame 2, du côté 21, pour former un bord 34 sensiblement vertical à la lame 2. L'épaisseur de la région de connexion 32 est égale à 0,4 µm environ. Sensiblement au centre de la face supérieure de la partie de la région de connexion 32 recouvrant la région de contact 31, une petite pastille de soudure P1 relie une extrémité du fil f1 également en or à la région de connexion 32.

La lame piézoélectrique 2 est en matériau piézoélectrique tel que nobile de lithium LiNbO<sub>3</sub>, ou oxyde de zinc ZnO, et a typiquement une épaisseur de 0,3 µm. Le côté 22 de la lame est usiné simultanément avec le bord de gauche 33 de la région de contact de masse 31 afin que ce côté et ce bord soient alignés perpendiculairement à la face de substrat FS.

L'ensemble de connexion 4 comprend une seconde électrode 41 disposée sur la partie de droite de la face supérieure 24 de la lame piézoélectrique 2, une région de connexion 42 située sur la partie de

droite de la face de substrat FS, et un pont conducteur étroit 43 reliant l'électrode 41 et la région 42 et enjambant le côté de lame 22 ainsi que le bord 33 de la région de contact 31 de la première électrode 3.

5 Selon un exemple de réalisation, la seconde électrode 41 est une lamelle métallique, par exemple en aluminium, et a une longueur L de l'ordre de ou inférieure à 30 µm et une largeur l de l'ordre de 20 µm. Un grand côté longitudinal 411 de l'électrode 41 est sensiblement colinéaire à l'axe longitudinal de la lame 2, et la largeur l de l'électrode 41 est égale sensiblement au tiers de la largeur de la lame 2, de sorte que l'autre grand côté longitudinal 412 de l'électrode 41 soit en retrait du côté 22 sur la face de lame 24. Comme la lame 2, l'électrode 41, le pont 43 et la région de connexion 42 sont centrés et alignés le long d'un grand axe II-II de la face de substrat FS. Typiquement, la longueur L de l'électrode 41 est sensiblement inférieure à la moitié de la longueur de la lame 2, la largeur constante du pont 43 est sensiblement inférieure à la longueur L de l'électrode 41, et la longueur de la région de connexion 42 est sensiblement égale à celle de la lame 2, comme montré à la Fig.3.

10 Le pont de liaison 43 est une partie mince, en surplomb, de largeur constante, formant une partie monolithique avec la région de connexion 42. Le pont 43 a une épaisseur typiquement de l'ordre du quart de l'épaisseur de la région 42. Le chant extrême 431 du pont 43 est parallèle à la face de substrat FS et est accolé sur la face supérieure 413 de l'électrode 41, en longeant le côté de droite 412 de celle-ci.

15 20 25 La région de connexion 42 est rectangulaire et est reliée à l'extrémité d'un second fil de connexion f2 en or par exemple, par l'intermédiaire d'une pastille de soudure P2 qui est déposée sur la face supérieure de la région 42. Pour l'application envisagée à une ligne à ondes de volume, les fils f1 et f2 relient le transducteur piézoélectrique 1 à un générateur de signal électrique hyperfréquence.

30 35 40 Après métallisation de la première région de contact 31, fixation de la lame piézoélectrique 2 et métallisation de la seconde électrode 41, la réalisation du pont de connexion 43, dit "pont à air", comporte principalement quatre étapes successives, illustrées aux Figs. 4A à 4D, et qui sont les suivantes :

45 50 55 A) Une couche de résine photosensible 5 est déposée latéralement à droite de la seconde électrode 41, la lame piézoélectrique 2 et la région de contact 31 et recouvre les côtés 412 et 22 et le bord 33 et une portion de la face de substrat FS sur une largeur supérieure au pont 43 à réaliser, comme montré à la Fig. 4A.

60 65 B) Une couche métallique 32-42 en or ayant une forte épaisseur, supérieure à 1 µm, est déposée afin de recouvrir, d'une part, sur la partie de gauche de la face FS, toute la région de contact 31 ainsi que la lame 2 et la seconde électrode 41, et d'autre part, la partie de droite de la face FS ainsi que la couche de résine 5, comme montré à la Fig. 4B.

C) La couche métallique 32-42 est usinée par

gravure jusqu'à une épaisseur moyenne de 0,4  $\mu\text{m}$  pour définir d'une part, le contour de la première région de connexion 32 et en particulier le bord latéral 34 de celle-ci sur la face supérieure 24 de la lame piézoélectrique, et d'autre part, les contours de l'ensemble pont 43 et seconde région de connexion 42, ce qui dégage une partie de la face supérieure 24 de la lame 2 et, le cas échéant, partiellement la face supérieure 413 de l'électrode 41, en laissant subsister l'extrémité de pont 431 sur la région 41, comme montré à la Fig. 4C.

D) La résine 5 localisée sous le pont de liaison 43 est finalement éliminée par dissolution, comme montré à la Fig. 4D.

La longueur du pont ainsi réalisé est inférieure à ou de l'ordre de 30  $\mu\text{m}$ , ce qui lui confère une faible inductance et permet de relier la seconde électrode 41 ayant une surface faible à la région de connexion 42 offrant une surface nettement plus grande pour réaliser la liaison par soudure P2 au fil de connexion f2. En particulier pour une lame piézoélectrique à très fort coefficient de couplage, par exemple en niobiate de lithium, le transducteur 1 peut atteindre une admittance électrique proche de celle d'un générateur hyperfréquence classique, de l'ordre de  $20 \times 10^{-3}$  Mhos, pour des hautes fréquences de quelques gigahertz. En outre, l'admittance du transducteur est peu modifiée du fait de la faible inductance série du pont de liaison "à air" 43, et une très bonne adaptation d'impédance peut être réalisée par simple accord.

Il est à noter que le transducteur piézoélectrique selon l'invention peut constituer par exemple un transducteur d'entrée ou un transducteur de sortie d'une ligne à retard à ondes de volume, ou l'unique transducteur d'une ligne à échos, ou l'unique transducteur d'un transducteur acousto-optique.

Dans le cas où la ligne acoustique comprend un substrat transparent, par exemple en quartz, et constitue un déflecteur acousto-optique, dit cellule de Bragg, pour lequel un faisceau laser est dirigé sous incidence de Bragg vers une grande face verticale latérale du substrat cristallin pour être défléchi par celui-ci, on obtient une bande passante en fréquence élargie. En effet, cette bande de fréquence est inversement proportionnelle à la largeur du faisceau acoustique se propageant dans le substrat qui est elle-même déterminée par les dimensions de la seconde électrode 41 disposée sur la lame piézoélectrique 2.

Pour obtenir une redondance, il est d'usage de prévoir plusieurs transducteurs ; c'est, le cas notamment pour les cellules de Bragg.

Le procédé de fabrication de transducteur selon l'invention se prête bien à cette configuration.

Comme représenté à la Fig. 5, plusieurs transducteurs piézoélectrique 1A comprennent en commun une unique première région de contact 31A disposée sur la face extrême FSA d'un substrat cristallin SA. Chaque transducteur 1A possède une lame piézoélectrique 2A et une seconde électrode 41A qui sont alignées transversalement à la face FSA et qui sont disposées d'une manière analogue à celle décrite pour le transducteur 1.

Des ponts de liaison 43A et des secondes régions de connexion 42A associées respectivement aux transducteurs 1A sont réalisés tout le long du bord 33A du plan de masse commun 33A et des côtés 22A des lames 2A selon les trois étapes successives A, B et C décrites précédemment. Avant l'étape D, une étape supplémentaire consiste à creuser la couche métallique 32-42 par gravure jusqu'à la couche de résine 5 et la face de substrat FS pour ménager des interstices de séparation 6 entre les ensembles à pont 43A et région de connexion 42A des transducteurs. Puis à l'étape D, la couche de résine 5 est éliminée, et les régions de connexion 42A avec les ponts 43A des transducteurs apparaissent juxtaposées perpendiculairement à la région de contact de masse 31A sur la face de substrat FSA.

### Revendications

1 - Transducteur piézoélectrique comprenant une région de contact plane (31) d'une première électrode (3) disposée sur une face (FS) d'un support (S), une lame piézoélectrique (2) disposée sur la région de contact (31), et une seconde électrode (41) destinée à être reliée par soudure (P2) à un fil de connexion (f2), caractérisé en ce que la seconde électrode (41) est reliée à une région de connexion (42) par un pont de liaison (43) enjambant un côté (22) de la lame piézoélectrique (2), ladite région de connexion (42) étant disposée sur la face de support (FS) et supportant la soudure (P2) au fil de connexion (f2).

2 - Transducteur conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que le pont de liaison (43) constitue une portion en surplomb intégrée de façon monolithique à la région de connexion (42).

3 - Transducteur conforme à la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'une extrémité (431) du pont de liaison (43) recouvre partiellement une face (413) de la seconde électrode (41) opposée à la lame piézoélectrique (2).

4 - Transducteur conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la largeur du pont de liaison (43) est inférieure à la longueur (L) d'un côté (412) de la seconde électrode (41) enjambé également par le pont.

5 - Transducteur conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la région de connexion (42) est nettement plus grande que la seconde électrode (41).

6 - Transducteur conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la seconde électrode (41) a une longueur (L) de l'ordre de ou inférieure à 30  $\mu\text{m}$ , l'autre dimension de la seconde électrode (41) étant de préférence de l'ordre de 20  $\mu\text{m}$ .

7 - Transducteur conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le pont de liaison (43) a une longueur de l'ordre de 30  $\mu\text{m}$ .

8 - Transducteur conforme à l'une quelcon-

que des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'édit côté (22) de la lame piézoélectrique (2) enjambé par le pont de liaison (43) est coplanaire à un bord (33) de la région de contact (31).

9 - Transducteur conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend une autre région de connexion (32) pour la première électrode (3) qui supporte une soudure (P1) à un autre fil de connexion (f1) et qui recouvre un côté (21) de la lame piézoélectrique (2) opposé àudit côté (22) de la lame (2) enjambé par le pont de liaison (43), et partiellement la région de contact (31).

10 - Ensemble de transducteurs piézoélectriques (1A), caractérisé en ce que lesdits transducteurs (1A) sont analogues à celui (1) conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 9 et ont en commun une seule région de contact (31A), et en ce que les ponts de liaison (43A) et les régions de connexion (42A) des secondes électrodes (41A) des transducteurs sont juxtaposés parallèlement sur la face de support (FSA) et séparées par des interspaces (6).

11 - Procédé de fabrication d'un transducteur piézoélectrique conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que, après dépôt de la région de contact (31) de la première électrode (3) de la lame piézoélectrique (2) et de la seconde électrode (41), il comprend successivement :

A) Dépôt d'une couche de résine (5) partiellement sur la lame piézoélectrique (2) et la seconde électrode (41) et sur la face de support (FS) de part et d'autre du côté de lame (22) à enjamber par ledit pont (43),

B) Dépôt d'une couche métallique (32-42) pour recouvrir au moins la couche de résine (5) et une portion de la face de support (FS) non recouverte par la région de contact (31),

C) Usinage de la couche métallique (32-42) pour définir au moins le pont de liaison (43) et la région de connexion (42), reliée à la seconde électrode (41), et

D) Elimination de la couche de résine (5).

12 - Procédé conforme à la revendication 11, caractérisé en ce que l'épaisseur moyenne de la couche métallique (32-42) après usinage est de l'ordre de 0,4 µm.

13 - Procédé conforme à la revendication 11 ou 12, caractérisé en ce que la couche métallique (32-42) est également déposée sur la région de contact (31) et sur la lame piézoélectrique (2) et est usinée pour définir également une région de connexion (32) de la première électrode (3) conforme à la revendication 9.

14 - Procédé de fabrication de l'ensemble de transducteurs piézoélectrique conforme à la revendication 10, caractérisé en ce qu'il est analogue au procédé conforme à l'une quelcon-

que des revendications 11 à 13, et en ce que l'usinage consiste également à creuser la couche métallique déposée (32-42) jusqu'à la couche de résine (5) et la face de support (FSA) afin de ménager lesdits interstices (6) entre des ensembles de pont de liaison (43A) et de région de connexion (42A) des secondes électrodes (41A) des transducteurs (1A).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

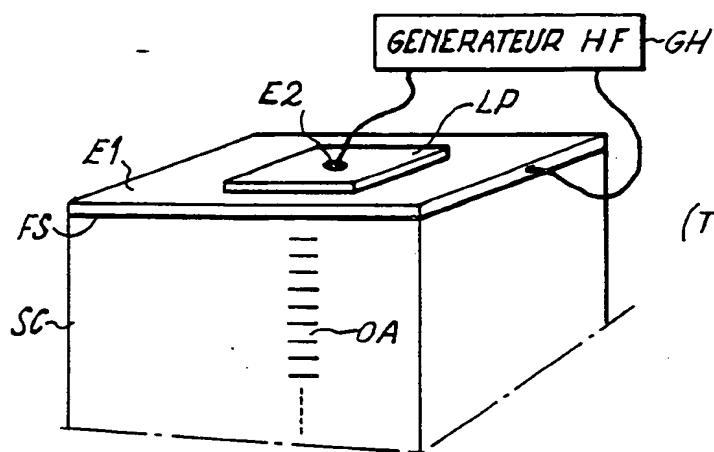


FIG. 1

(TECHNIQUE ANTERIEURE)

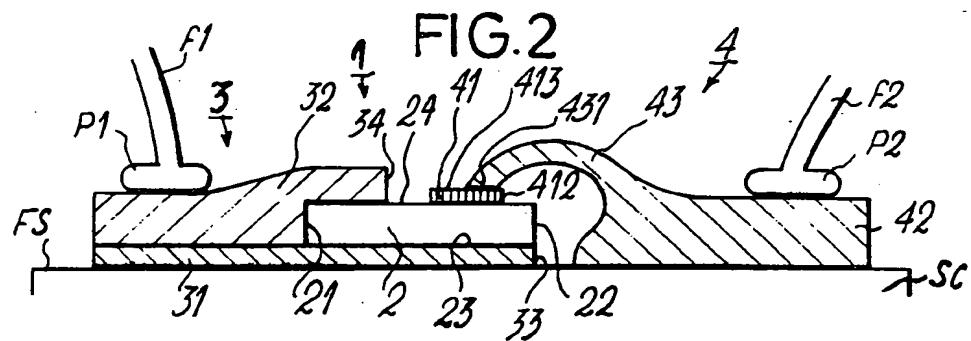
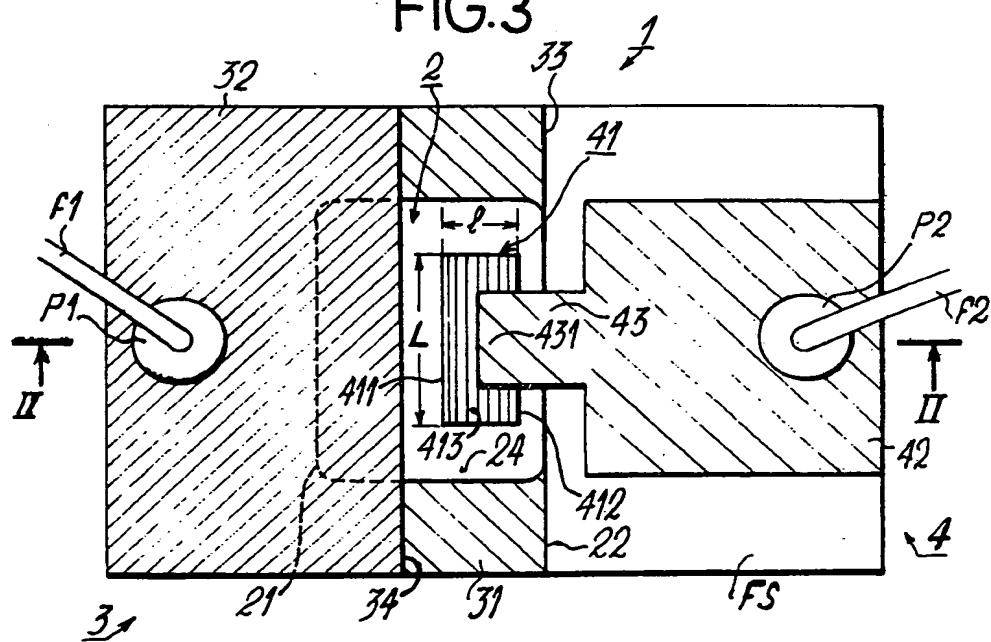


FIG. 3



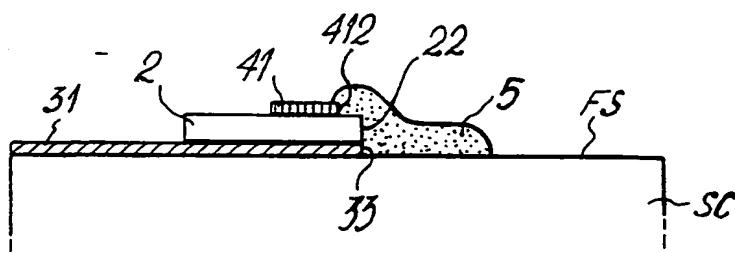


FIG. 4A

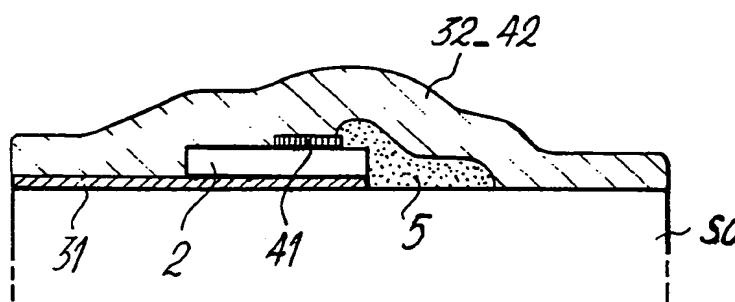


FIG. 4B

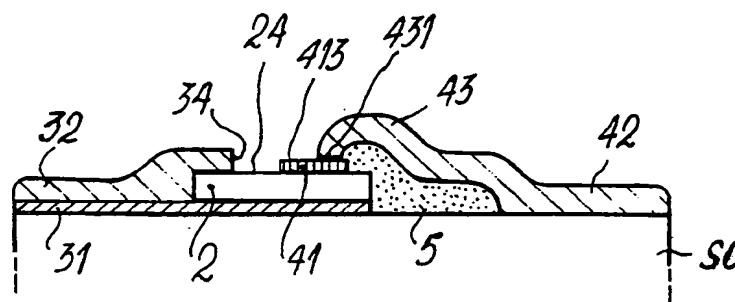


FIG. 4C

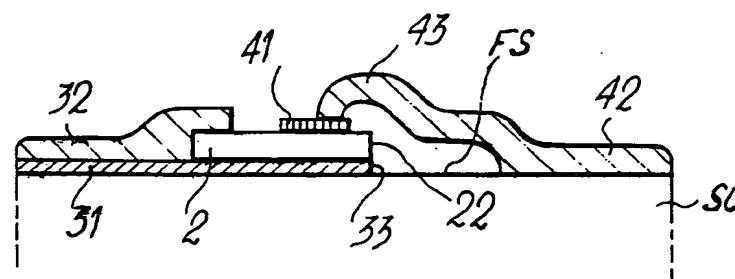
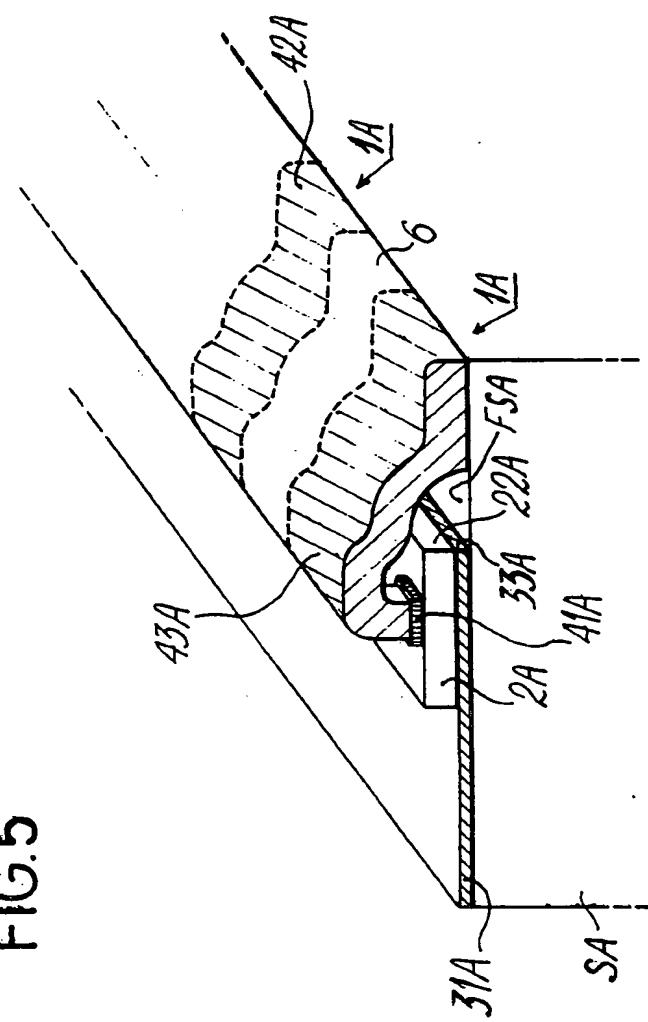


FIG. 4D

FIG.5





EP 89 40 2186

## **DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)		
			B 06 B 1/06 H 01 L 41/22		
Y	GB-A-2 046 554 (MOTOROLA INC.) * Résumé; figure 2 * ---	1-3,11			
Y	DE-A-2 001 468 (PHILIPS N.V.) * Revendication 1; figures 3-6 * ---	1-3,11			
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 3, no. 18 (E-91), 16 février 1979, page 6 E91; & JP-A-53 145 593 (MATSUSHITA DENKI SANGYO K.K.) 18-12-1978 ---				
A	US-A-4 666 547 (T.M. SNOWDEN et al.) ---				
A	MICROWAVE JOURNAL, vol. 18, no. 9, septembre 1975, pages 44-47, Dedham, US; A. SCHAER et al.: "Soldered piezoelectric transducer acoustic-wave components" -----				
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)		
			B 06 B H 01 L H 03 H		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications					
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur			
LA HAYE	13-11-1989	HAASBROEK J.N.			
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES					
X : particulièrement pertinent à lui seul	T : théorie ou principe à la base de l'invention				
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie	E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date				
A : arrrière-plan technologique	D : cité dans la demande				
O : divulgation non-écrite	L : cité pour d'autres raisons				
P : document intercalaire	& : membre de la même famille, document correspondant				